

補助事業番号 2018M-165

補助事業名 平成30年度 超小型マルチスペクトルデジタルホログラフィック顕微鏡
補助事業

補助事業者名 電気通信大学大学院情報理工学研究科 准教授 渡邊 恵理子

1 研究の概要

多波長イメージングに対して追加の光学素子を必要とせずに対象物体の拡大カラー再生像を得ることが可能なインライン型のデジタルホログラフィック顕微鏡を開発した。本研究では、超小型化が可能なマルチスペクトル平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡 (MS-PLC-DHM: Multi-Spectral Digital Holographic Microscope based on Planar Lightwave Circuit) において、生体試料のカラーイメージング、定量位相イメージングを実現した。

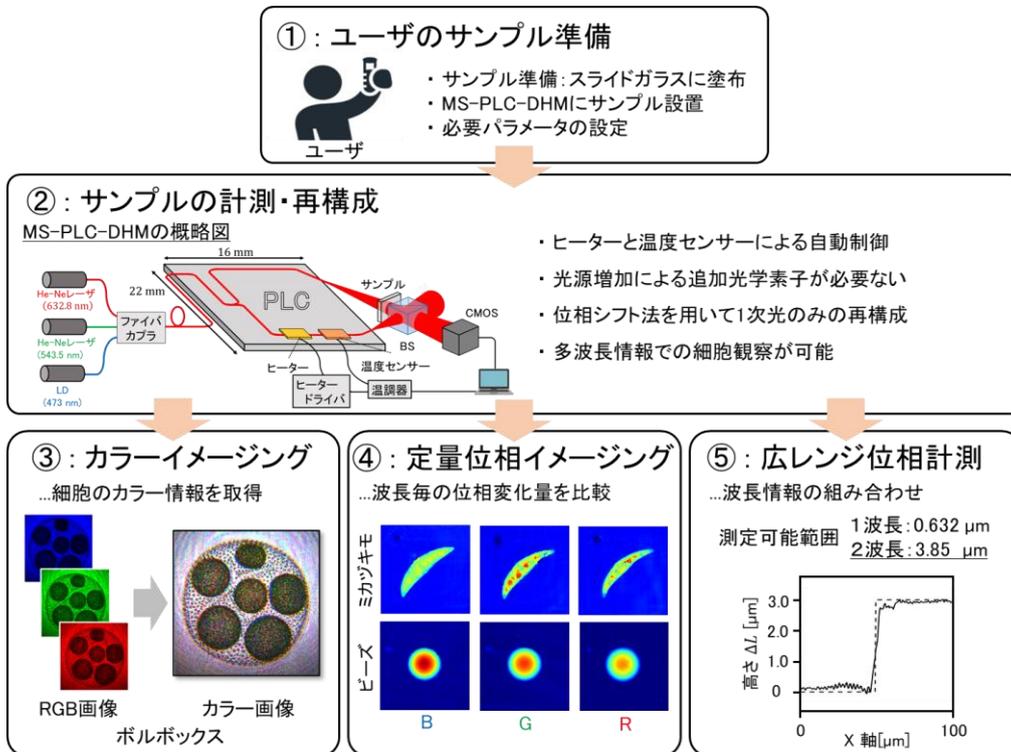
2 研究の目的と背景

生体の計測、特に診断や検査用途においては、非染色・非侵襲であること、また、画像情報として計測できることも重要である。デジタルホログラフィック顕微鏡(DHM)は非染色・非侵襲でサンプルの強度像と定量位相を計測できる。測定後に計算機上で伝搬距離を変えて再生することが可能であることから、サンプルに対して、それぞれの位置にフォーカスを合わせた再生ができる利点がある。定量位相情報も細胞検査等の応用においてその有効性が報告されており、注目されている。一般に、DHMIにおいては物体を拡大するための物体拡大用の対物レンズは焦点距離やサイズによって、装置の小型化には限界があった。また細胞の様々な波長情報を計測したい場合には光源を増やす必要があり、それに伴ってアライメント用の光学素子が必要となり計測装置の更なる大型化が問題となった。一方、参照光を球面波とすることで、レンズによる拡大効果と同様の効果を得られるため、点光源さえ生成できれば、原理的には完全にレンズレスな構成でDHMの実装が可能である。そこで我々は光通信で多く用いられている平面導波路に注目し、光源の分岐と球面参照波の生成のための点光源を生成するために平面導波路を用いた。平面導波路は光源のスイッチングによる追加の光学素子を必要としないため多波長イメージングにおける計測装置の問題を解決できる。そこで多波長情報を計測できる完全にレンズレスで小型なDHMを実現することを目的とした。

3 研究内容：超小型マルチスペクトルデジタルホログラフィック顕微鏡の開発 (<https://thetis.f-lab.tech.uec.ac.jp/projects/view/19>)

本研究では、下記に示すMS-PLC-DHMシステムを開発した。①まずユーザーは、計測対象試料をスライドガラス状に塗布し、PLC-DHMIに設置する。次に出力として取得したい試料の深さ方向(結像位置)のパラメータや、定量位相データの座標、およびシステム上必要となるパラメータ設定(位相シフトの際に用いるヒーターの目標温度と温度上昇率)を入力し、計測をスタートする。②光源には波長632.8 nm、543.5 nmのHe-Neレーザーと473 nmのLDを使用し、偏波保持ファイバを通

して平面導波路に入射する。入射光は平面導波路内で物体光と参照光に分波され、平面導路から球面波として出射される。出射光の片方である物体光はサンプルに照射され、ビームスプリッタを介してもう片方の参照光と干渉させ、撮像素子(CMOSセンサ)でホログラムの記録を行う。あらかじめ設定したパラメータにより参照光側に取り付けられたヒーターと温度センサにより定量的位相制御を行う。位相シフトさせた干渉縞から位相シフト量を算出し、位相が $\pi/2$ シフトした干渉縞画像を4枚選択する。この4枚の干渉縞画像をPC上で画像処理を行うことで1次光のみの再生像を取得できる。波長ごとに再構成が行えることで多波長イメージングには様々なアプリケーションが③3波長で再構成されたRGBの再構成像を重ね合わせてカラーイメージングが行える。単波長で視覚的に得られる情報量よりも多くの情報が得られる利点がある。④また定量位相イメージングでは波長毎の位相変化量が異なることから細胞の評価指標となる。⑤単一の波長では急激な位相変化に対して記録が困難であるが、二波長による位相イメージングでは測定可能な範囲が広がる



マルチスペクトルデジタルホログラフィック顕微鏡

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本技術により、デジタルホログラフィック顕微鏡が超小型化され、カラー再生像や定量位相情報を簡易に取得できる顕微鏡システムが実現できる。さらに、今後AWG(Arrayed Waveguide Grating)と組み合わせることで1つの白色光源だけで複数の波長情報を自由に取得できるため、3次元フルカラーの微細構造や位相変化量の波長依存性を観察できる。これらを活用することで新しい診断ツール、新たな治療方法、新しい工業製品の検査方法などが創出できると考えられる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

光の高精度位相制御により従来の情報処理技術・光干渉技術の限界を超えるいくつかのシステムを提案・実証してきた。本研究における、超小型マルチスペクトルデジタルホログラフィック顕微鏡は、これまでの研究の延長でありながらも、大きなステップを超えたシステムが実現できたと考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

知財：

1. 渡邊恵理子, 岡本勝就, 水野潤, 星野和博, 池田佳奈美, “光学測定装置,” (特願2015-0114).

発表論文：

2. K. Inomoto, H. Satake, S. Kodama, K. Ikeda, K. Okamoto, and E. Watanabe, “Planar lightwave circuit digital holographic microscope,” Jpn. J. Appl. Phys. 58, SKKC01(2019).

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

<http://thetis.f-lab.tech.uec.ac.jp> (URL)

平成31年度(令和元年度)

1. Eriko Watanabe, Shutaro Kodama, Katsutoshi Inomoto, Kanami Ikeda and Katsunari Okamoto, Planar lightwave circuit digital holographic microscope for imaging of biological cells, BISC 2019, BISC-4-02, (Kanagawa, 2019.4) **招待講演**
2. 井元克駿, 池田佳奈美, 児玉周太郎, 岡本勝就, 渡邊恵理子, “平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡の多波長化へ向けた基礎検討”, 第44回光学シンポジウム, 23(東京, 2019.6)
3. 井元克駿, 五味英晃, 児玉周太郎, 岡本勝就, 渡邊恵理子, “平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡デモシステム”, 令和元年度第三回ホログラフィック・ディスプレイ研究会, (東京, 2019.9) **HODIC学生優秀発表賞**
4. 井元克駿, 五味英晃, 児玉周太郎, 岡本勝就, 渡邊恵理子, “平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡の生体試料カラーイメージング”, Optics & Photonics Japan 2019, (大阪, 2019.12)

5. 五味英晃, 児玉周太郎, 井元克駿, 岡本勝就, 渡邊恵理子, “マルチスペクトル平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡の基礎実験評価”, Optics & Photonics Japan 2019, (大阪, 2019.12)

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 電気通信大学 情報理工学研究科 渡邊研究室
 (デンキツウシンダイガク ジョウホウリコウガクケンキュウカ
 ワタナベケンキュウシツ)

住 所： 〒182-8585
 東京都調布市調布ヶ丘1-5-1

申 請 者： 准教授 渡邊 恵理子 (ワタナベ エリコ)

担 当 部 署： 同上

E - m a i l : eriko.watanabe@uec.ac.jp

U R L : <http://thetis.f-lab.tech.uec.ac.jp>